

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 43 27 491.9
22 Anmeldetag: 16. 8. 93
43 Offenlegungstag: 23. 2. 95

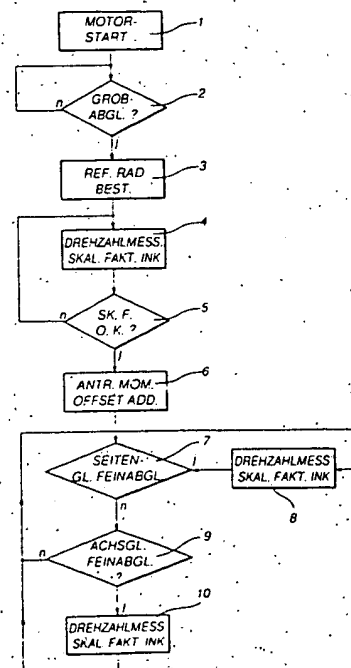
71 Anmelder:
Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,
DE

72 Erfinder:
Baumann, Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 71034 Böblingen,
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Abgleichen der Raddrehzahlen für ein Kraftfahrzeug

57 Zur Fahrerinformation und zur Regelungsfunktion für ein radschlupfgeregeltes Kraftfahrzeug ist es erforderlich, die Raddrehzahlen verhältnismäßig genau abzugleichen, um Unterschiede, die von verschiedenen Abrollradien der einzelnen Räder herrühren, zu eliminieren.
Das neue Verfahren sieht stufenweise einen schnellen Grobabweichung auf ein Referenzrad und einen anschließenden Feinabweichung paarweiser, entweder seiten- oder achsgleicher Räder vor. Dabei wird Kurvenfahrt vorzugsweise nicht wie üblich aus der Links-/Rechtsabweichung einer Achse erkannt, sondern durch den zeitlichen Verlauf der differenzierten Links-/Rechtsabweichung. Es realisiert einen sehr sensiblen und zuverlässigen Radabgleich.
Das Verfahren findet insbesondere für Kraftfahrzeuge mit radschlupfgeregelten Systemen Verwendung.



Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Abgleich der Raddrehzahlen für ein Kraftfahrzeug, insbesondere mit einem Radschlupfregelsystem.

Insbesondere bei Kraftfahrzeugen mit Radschlupfregelsystemen ergibt sich die Notwendigkeit eines genauen Raddrehzahlabgleichs, um den Fahrer, z. B. über eine Fahrerinformationslampe, zuverlässig über den System- und Fahrzustand informieren zu können. Zweckmäßig wird ein solcher Abgleich auch in Verbindung mit eingebauten Radschlupfregelsystemen, wie Anti-Blockier-Systemen (ABS) sowie Antriebs-Schlupf-Regelungen (ASR), verwendet. Das drohende Blockieren oder Durchdrehen eines Rades wird hierbei üblicherweise dadurch erkannt, daß die zeitliche Änderung der gemessenen Drehzahl des betreffenden Rades nicht mehr innerhalb eines vorgebbaren Normalbereiches liegt, d. h. bei drohendem Blockieren und drohendem Durchdrehen des Rades liegt die Radbeschleunigung jeweils oberhalb eines einstellbaren Schwellwertes. Unter dem Begriff "Beschleunigung" wird hierbei im folgenden sowohl eine eigentliche, positive Beschleunigung als auch eine Verzögerung, d. h. negative Beschleunigung, verstanden. Um die Abweichung vom normalen, gewünschten Radschlupfverhalten möglichst früh und zuverlässig erkennen zu können, müssen mit hoher Genauigkeit arbeitende Regelungssysteme die Tatsache berücksichtigen, daß die Drehzahlen der Fahrzeugräder bereits bei schlupffreier, rein rollender Geradeausfahrt nicht gleich sind, z. B. aufgrund von Fertigungstoleranzen bei der Reifenherstellung, unterschiedlichem Abnutzungsgrad der Reifen und ähnliches. So ergeben typische Raddrehzahldifferenzen im Prozentbereich bei einer Fahrtgeschwindigkeit von ca. 100 km/h bereits eine Abweichung der Radumfangsgeschwindigkeiten von ca. 1 km/h, ein Wert, der bei heutigen Allrad- und Radschlupfregelsystemen berücksichtigt werden muß. Hierzu dient das Verfahren zum Abgleichen der Raddrehzahlen, mit dem gemessene Raddrehzahlen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Abrollumfänge der einzelnen Räder, die zudem laufenden zeitlichen Veränderungen ausgesetzt sind, aufbereitet werden, bevor sie vom nachfolgenden Steuerungssystem, z. B. Allradantrieb und/oder Radschlupfregelsystem, ausgewertet werden.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines derartigen, zuverlässig und mit hoher Genauigkeit arbeitenden Raddrehzahlabgleichverfahrens zugrunde.

Dieses Problem wird durch ein Raddrehzahlabgleichverfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Es erfolgt zunächst, beispielsweise einmalig nach einem Motorstart, ein schneller Grobabgleich auf ein Referenzrad, sobald ein ausreichendes Maß an Geradeausfahrt oberhalb einer bestimmten Mindestgeschwindigkeit und gleichzeitig ein ausreichend geringer Fahrzeugbeschleunigungswert (worunter, wie oben gesagt, auch ein negativer Beschleunigungswert, d. h. ein Verzögerungswert, zu verstehen ist) vorliegt. Daraufhin wird ein Feinabgleich, der beispielsweise während einer Fahrt regelmäßig wiederholt wird, der Räder durchgeführt, und zwar jeweils für zwei Räder paarweise zwischen zwei Rädern einer Fahrzeugseite oder zwei Rädern einer Fahrzeugachse, je nach detektiertem Fahrzustand. Der Feinabgleich zwischen achsgleichen Rädern wird durchgeführt, wenn infolge eines größeren Antriebsmomentes ein Abgleich der Hinterräder zu den jeweiligen seitengleichen Vorderrädern nicht ausrei-

chend genau durchführbar ist. Die so ermittelten Drehzahlskalierungsfaktoren erlauben die Bildung korrigierter, einander angeglicherter Raddrehzahlen durch Multiplikation der jeweils gemessenen Drehzahl mit dem zugehörigen Skalierungsfaktor.

Eine Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 hat den Vorteil, daß durch die feste Vorgabe des Drehzahlskalierungsfaktors für das Referenzrad ein allmähliches Abdriften der Korrekturfaktoren in eine Richtung bis zu einem Grenzwert vermieden wird.

Die variable Referenzradauswahl nach Anspruch 3 gewährleistet, daß jeweils auf ein Rad mit mittlerer Drehzahl abgeglichen wird, was im Gegensatz zu starren Systemen, die auf ein fest vorgegebenes Rad (z. B. das nicht angetriebene linke oder rechte Rad) abgleichen, nicht die Gefahr in sich birgt, daß drei relativ gleich drehende, "gute" Räder auf ein davon stark abweichendes, "schlechtes" Rad (z. B. ein auf der Referenzradposition montiertes Notrad) abgeglichen werden.

Der schnelleichende Grobabgleich wird in Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 4 gegebenenfalls rekursiv durchgeführt und beendet, wenn die Abweichung der momentan gültigen Skalierungsfaktoren zu ihrem zeitweise ständig sich ändernden Sollwert sämtlich unterhalb eines vorgebbaren Grenzwertes bleiben. Dieser Grenzwert wird einerseits gering genug, um bereits einen einigermaßen genauen Raddrehzahlabgleich zu erzielen, andererseits jedoch ausreichend groß gewählt, um den Grobabgleich in verhältnismäßig kurzer Zeit beenden zu können. Die Anpassung der Skalierungsfaktoren muß stetig erfolgen und darf maximale vorgebbare Änderungsbeträge pro vorgebbarer Zeiteinheit nicht überschreiten. Andernfalls werden die in einem Radschlupfregelsystem verwendeten korrigierten Raddrehzahlen durch die von einem Programmzyklus auf den anderen gültigen neuen Skalierungsfaktoren derart beeinflusst, daß die aus den korrigierten Raddrehzahlen ermittelten Regelgrößen bestimmte Regel-schwellen überschreiten.

Bevorzugt wird nach Anspruch 5 am Schluß des schnellen Grobabgleichs ein Offsetbetrag für die Hinterradskalierungsfaktoren aufaddiert, der einen möglicherweise während des Grobabgleichs bei einem größeren Antriebsmoment vorhandenen Hinterrad-Antriebs-schlupf berücksichtigt.

Der Feinabgleich wird ebenfalls, wie nach Anspruch 6 vorgesehen, rekursiv sowie kontinuierlich bei laufender Fahrt durchgeführt, sofern die entsprechenden Fahrbedingungen vorliegen.

Bei der, vorzugsweise rekursiven, Anpassung der Skalierungsfaktoren an jeweils neu gemessene Raddrehzahlen wird in einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 7 dergestalt vorgegangen, daß die Abweichungen neu berechneter von den bisherigen Skalierungsfaktoren ermittelt und die bisherigen Skalierungsfaktoren in Abhängigkeit von diesen Differenzen schrittweise an die neu berechneten Werte herangeführt werden, was kurzzeitige Schwankungen der Skalierungsfaktoren, z. B. wegen Fahrbahneinflüssen, verhindert. Hierbei ergeben sich die neu berechneten Skalierungsfaktorwerte jeweils aus dem Quotient der gemessenen Drehzahlen der beiden Räder, die gerade aufeinander abgeglichen werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird nach Anspruch 8 für den Feinabgleich im Normalfall ein Abgleich der Hinterräder zu ihren seitengleichen Vorderrädern durchgeführt, wenn insbesondere kein zu großes Antriebsmoment wirksam ist. Wenn letzteres der Fall

ist, kann nach einer Weiterbildung gemäß Anspruch 9 verfahren werden, wobei dann die Räder jeder Achse paarweise aufeinander abgeglichen werden, da ein größeres Antriebsmoment zu einem fehlerhaften Raddrehzahlabgleich zwischen seitengleichen Rädern führen würde.

Die Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 10 sieht vor, zur Erkennung ausreichend geringer Kurvenfahrt, bei der es sich insbesondere um völlig kurvenfreie Geradeausfahrt handeln kann, nicht wie üblich nur die Links/Rechts-Abweichung selbst, sondern die aus deren zeitlichem Verlauf gewonnene zeitlich differenzierte Links/Rechts-Abweichung heranzuziehen. Dies verhindert eine Fehlererkennung aufgrund einer stationären Radumfangsdifferenz der beiden Räder, z. B. aufgrund der Montage falscher Räder, und erlaubt durch das Ausschließen dieser möglichen Fehlerquelle die Wahl eines vergleichsweise kleinen Grenzwertes, d. h. die Erkennung eines hohen Maßes an Geradeausfahrt.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben.

Die einzige Figur zeigt ein Flußdiagramm eines Raddrehzahlabgleichverfahrens für ein Kraftfahrzeug mit einem Radschlupfregelsystem.

Das durch den Programmablaufplan der Figur schematisch dargestellte Raddrehzahlabgleichverfahren wird für ein Kraftfahrzeug mit einem Radschlupfregelsystem verwendet, bei dem sich die Notwendigkeit eines sensiblen Radabgleichs zur Ansteuerung einer Fahrerinformationslampe ergibt, die den Fahrer über den gegenwärtigen Fahrzustand informiert.

Das Verfahren beginnt nach einem Motorstart (Schritt 1) mit einer einmalig durchgeführten Schnelleichung zum Grobabgleich der Raddrehzahlen. Damit werden stark vom Normabrollradius abweichende Reifenabrollradien, wie z. B. bei Verwendung eines Notrades oder bei Montage eines Reifens mit falscher Reifengröße, korrigiert. Einleitend wird abgefragt, ob die für einen Grobabgleich gesetzten Bedingungen erfüllt sind (Schritt 2), wobei folgende Bedingungen überwacht werden: Nichtvorliegen eines Bremsvorgangs, erkannt aus der Überwachung des Bremslichtkontaktes; Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit von 45 km/h; Vorliegen eines ausreichenden Maßes an Geradeausfahrt, erkannt durch Grenzwertunterschreitung differenzierter Links/Rechts-Abweichungssignale gemessener Raddrehzahlen über einen ausreichend langen Zeitraum, z. B. 4,5 s; Grenzwertunterschreitung der Fahrzeugbeschleunigung, z. B. unterhalb $0,5 \text{ m/s}^2$, erkannt mittels Erfassung der mittleren Hinterachs-Radbeschleunigung.

Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so wird erneut abgefragt. Die obigen Grobabgleichbedingungen gewährleisten, daß das Befahren von μ -Split-Fahrbahnen oder Aquaplaningstellen erkannt und die Schnelleichung zum Grobabgleich angehalten wird. Ist schließlich ein sämtlicher Grobabgleichbedingungen erfüllender Fahrzustand erreicht, so wird zunächst ein Referenzrad bestimmt, auf das abgeglichen wird (Schritt 3). Hierzu werden die vier Raddrehzahlen gemessen und deren arithmetisches Mittel gebildet. Das Rad mit der Drehzahl, die die geringste Abweichung von diesem Mittelwert aufweist, wird als Referenzrad ausgewählt. Wie oben erwähnt, vermeidet diese variable Referenzradauswahl das Abgleichen auf ein ungünstiges Rad. Der Grobabgleich wird auch bei aktiviertem Systemeingriff, z. B. Bremseneingriff bei ASR oder GDB, Motor-

momenteneingriff bei ASR, Zentralsperrenansteuerung bei Allradantrieb etc., durchgeführt. Der schnelle Grobabgleich auf ein ausgewähltes Referenzrad ist sinnvoll, da der Antriebsmomenteneinfluß auf den dynamischen Reifenabrollumfang im betrachteten Bereich geringer ist als der Einfluß von Misch- und Extrembereifung.

Daraufhin wird zum nächsten Schritt übergegangen (Schritt 4), in dem die eigentliche Skalierungsfaktorbestimmung im Rahmen des schnellen Grobabgleichs durchgeführt wird. Hierfür werden zunächst Ausgangswerte für die Skalierungsfaktoren vorgegeben. Das Referenzrad wird hierbei auf einen gleichbleibenden, fest vorgegebenen Skalierungsfaktor-Ausgangswert gesetzt, so daß eine konstante Orientierung aller Raddrehzahlen an einen Festwert gegeben ist, um, wie oben erwähnt, ein allmähliches Abdriften der Korrekturfaktoren zu verhindern. Dies bewirkt, daß die Skalierungsfaktoren nicht durch mehrfaches, ungünstiges Hin- und Herwechseln von ungünstigen Reifen bis an vorgegebene Minimal- oder Maximalwerte hochgeschaukelt werden. Die restlichen drei anfänglichen Skalierungsfaktoren werden möglichst von einem vorigen Raddrehzahlabgleich übernommen, damit der neuerliche Grobabgleich möglichst rasch abgeschlossen wird. Zu diesem Zweck werden die vier momentanen Skalierungsfaktoren jeweils nach einem Motorstopp abgesichert. Sind die vormaligen Werte nicht vorhanden, können alternativ alle Skalierungsfaktoren anfänglich auf denselben Anfangswert gesetzt werden.

Nach Vorgabe der anfänglichen Skalierungsfaktoren werden nun die Raddrehzahlen erfaßt und nach geeigneter Filterung zur gemessenen Raddrehzahl gehörige Skalierungsfaktoren bezogen auf das Referenzrad ermittelt, die sich aus dem Quotient der Referenzraddrehzahl zur Drehzahl des betrachteten Rades ergeben. Nach Filterung dieser ermittelten Skalierungsfaktoren wird für jedes Rad die Differenz zwischen dem noch gültigen Skalierungsfaktor und dem ermittelten Skalierungsfaktor gebildet und diese Differenz ebenfalls einer Filterung unterzogen. Anschließend wird der neue Skalierungsfaktor durch inkrementale Erhöhung oder Erniedrigung des noch gültigen, bisherigen Skalierungsfaktors für jedes Rad gebildet, wobei sich die Richtung der stufenweisen Werteveränderung aus dem Vorzeichen der ermittelten Skalierungsfaktordifferenz ergibt. Zur Erhöhung der Eichgeschwindigkeit wird hierbei statt einer Erhöhung um 1 gegebenenfalls ein höheres Inkrement gewählt, das betragsmäßig auf einen Bruchteil der ermittelten Differenz gesetzt wird, so daß die Eichgeschwindigkeit mit größerer momentaner Abweichung ansteigt und sich nach mehreren Programmzyklen mit zunehmender Annäherung an den Sollwert verringert. In einem typischen Anwendungsfall, bei dem der fest vorgegebene Skalierungsfaktor auf den Wert 10000 gesetzt wird, wird als höheres Inkrement beispielsweise die einem Fünfundzwanzigstel der ermittelten Differenz nächstkommende ganze Zahl gewählt.

Das gegebenenfalls rekursive Verhalten wird durch eine anschließende Abfrage (Schritt 5) erzeugt, in der für jedes Rad festgestellt wird, ob die ermittelte Differenz zwischen dem durch die Raddrehzahl ermittelten und dem bisher vorliegenden Skalierungsfaktor betragsmäßig einen vorgegebenen Maximalwert, der z. B. 0,1% Abweichung zur fest vorgegebenen anfänglichen Referenzraddrehzahl beträgt, nicht überschreitet. Tritt eine Überschreitung für wenigstens ein Rad ein, wird vor den Schritt 4 zurückgekehrt, wonach eine erneute Raddrehzahlmessung und anschließend eine neuerliche

inkrementale Skalierungsfaktorveränderung vorgenommen wird.

Liegen alle ermittelten Differenzen unterhalb der vorgegebenen Schranke, so wird der schnelle Grobabbgleich beendet. Damit ein eventuell vorhandener Antriebschlupf der Hinterräder am Ende der schnellen Grobeichung nicht mit "weggeeicht" wird, wird anschließend zu den beiden Hinterradskalierungsfaktoren ein motormomentenabhängiger Offsetwert addiert, z. B. werden die Skalierungsfaktoren um 0,4% angehoben, wenn das Antriebsmoment +1000 Nm beträgt, sowie um 0,2% vermindert, wenn das Antriebsmoment -500 Nm beträgt (Schritt 6).

Nach dieser einmaligen Maßnahme eines Grobabbgleichs nach einem Motorstart finden anschließend eine Abfrage statt (Schritt 7), ob die Bedingungen für einen Feinabbgleich der Hinterräder zu den seitengleichen Vorderrädern gegeben sind. Vorausgesetzt werden hierzu: nahezu antriebsmomentenfreie Fahrt bei einer Geschwindigkeit über 45 km/h (damit keine Vorderachs-/Hinterachs-Ackermann-Korrektur bei Kurvenfahrt mehr erforderlich); nicht zu starke Kurvenfahrt, z. B. Lenkwinkel kleiner 50°; keine Bremsenbetätigung, erkannt über Bremslichtkontakt; keine zu hohe Fahrzeugbeschleunigung oder instationäre Kurvenfahrt des Fahrzeugs.

Wird in diesem Abfrageschritt das Einhalten sämtlicher obiger Bedingungen erkannt, so wird mit der eigentlichen Feinabbgleichermittlung der Skalierungsfaktoren (Schritt 8) begonnen. Hierzu werden zunächst die Hinterraddrehzahlen erneut gemessen, die erhaltenen Werte gefiltert und daraus Skalierungsfaktoren für die Hinterräder ermittelt, die sich aus dem Quotienten aus der korrigierten Drehzahl des seitengleichen Vorderrades zur gemessenen Drehzahl des Hinterrades ergeben. Nach Filterung dieser ermittelten Hinterrad-Skalierungsfaktoren wird wiederum die Differenz zwischen den bislang vorliegenden und den frisch ermittelten Hinterrad-Skalierungsfaktoren gebildet und einer Filterung unterzogen. Daraufhin findet eine feine inkrementale Erhöhung des bisherigen, noch gültigen jeweiligen Hinterrad-Skalierungsfaktors in der durch das Vorzeichen der ermittelten Differenz vorgegebenen Richtung statt.

Die Feinheit dieses Abgleichs gegenüber dem oben beschriebenen Grobabbgleich läßt sich an einem Beispiel erkennen, in dem bei der Grobeichung eine Schritterhöhung um wenigstens eine Einheit pro 10 Programmzyklen á 15 ms stattfindet, während beim Feinabbgleich in diesem Fall um eine Einheit pro 100 Programmzyklen á 15 ms angeglichen wird. In einem typischen Beispiel kann bei dieser Feineichung bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 50 km/h das abzugleichende Rad in einer Minute um 0,2 km/h korrigiert werden (d. h. um 0,4%/min). Nach der Inkrementierung der Hinterradskalierungsfaktoren, die wie gesagt in Richtung größerer oder — als eigentliche Dekrementierung — kleinerer Skalierungsfaktorwerte erfolgen kann, werden mit diesen neuen gültigen Hinterrad-Skalierungsfaktoren korrigierte Hinterraddrehzahlen gebildet, und zwar jeweils als Produkt der gemessenen Hinterraddrehzahl mit dem neuen gültigen Skalierungsfaktor des betreffenden Hinterrades. Nach Filterung dieser Werte liegen für die Hinterräder die auf die seitengleichen Vorderräder fein abgeglichenen, korrigierten Hinterraddrehzahlen vor. Daraufhin wird vor den Feinabbgleich-Abfrageschritt zurückgegangen, um einen neuerlichen Feinabbgleich einzuleiten und auf diese Weise kontinuierlich

abgegliche Raddrehzahlen vorliegen zu haben. Alternativ kann der Feinabbgleich auch erst in größeren Zeitabständen wiederholt werden.

Wird im Abfrageschritt für einen seitengleichen Feinabbgleich festgestellt, daß eine der Bedingungen nicht eingehalten wird, so wird in einem nächsten Schritt abgefragt, ob ein Feinabbgleich der achsgleichen Räder untereinander, also des linken vorderen zum rechten vorderen und des linken hinteren zum rechten hinteren Rad möglich ist (Schritt 9). Ein derartiger Feinabbgleich ist im Gegensatz zum seitengleichen Feinabbgleich auch bei Vorliegen eines größeren Antriebs- und damit Hinterrachstellerradmoments möglich. Die weiteren Bedingungen entsprechen im wesentlichen denen für den seitengleichen Feinabbgleich, wobei allerdings nur ein geringeres Maß an Kurvenfahrt zugelassen wird. Hierbei wird anfänglich ein Lenkwinkel von 20° zugelassen, der nach mehrmaligem Überschreiben der Skalierungsfaktoren sukzessive bis auf 3° verringert wird.

Wird eine der abgefragten Bedingungen nicht eingehalten, so kehrt das Verfahren zur Stufe vor der Abfrage für den seitengleichen Feinabbgleich zurück. Wird das Einhalten der Bedingungen erkannt, so wird der eigentliche Feinabbgleich des vorderen linken zum vorderen rechten und zeitgleich des hinteren linken zum hinteren rechten Rad durchgeführt (Schritt 10). Hierzu werden einleitend die Drehzahlen der beiden linken Räder gemessen, die erhaltenen Werte gefiltert und aus diesen Werten zugehörige Skalierungsfaktoren für diese Räder mittels des Quotienten der korrigierten Drehzahl des zugehörigen rechten Rades zu der gemessenen Drehzahl des linken Rades ermittelt. Nach Filterung der neuen Skalierungsfaktoren für die linken Räder werden wiederum in der oben beschriebenen Weise die Differenzen zwischen bisher vorliegenden und den ermittelten Skalierungsfaktoren für die linken Räder berechnet und diese Differenzwerte gefiltert.

Anschließend werden die Skalierungsfaktoren sämtlicher Räder in der jeweils durch die ermittelten Abweichungsdifferenzen vorgegebenen Richtung inkremental erhöht bzw. erniedrigt und mit diesen neuen, nunmehr gültigen Skalierungsfaktoren die korrigierten Raddrehzahlen neu bestimmt als Produkt aus den bisherigen Raddrehzahlen mit den neuen Skalierungsfaktoren. Im Unterschied zum seitengleichen Feinabbgleich werden also beim achsgleichen Feinabbgleich die Skalierungsfaktoren beider abzugleichender Räder inkremental aufeinander zubewegt, was bei gleichem Inkrement eine höhere Eichgeschwindigkeit von beispielsweise 0,8%/min ergibt, d. h. in einer Minute kann bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 100 km/h eine Vorder- oder Hinterachs-Links/Rechts-Abweichung um 0,8 km/h korrigiert werden.

Nach Beendigung des achsgleichen Feinabbgleichs wird zur Stufe vor der Abfrage für seitengleichen Feinabbgleich zurückgekehrt, wodurch das Verfahrensprogramm in sich geschlossen wird. Nicht explizit dargestellt ist, daß bei einem späteren Motorstopp, wie bereits oben erwähnt, die vorliegenden Raddrehzahlskalierungsfaktoren abgespeichert werden, um als Anfangswerte für einen Grobabbgleich nach einem späteren erneuten Motorstart zu dienen. Es versteht sich außerdem, daß geeignete Sicherheitsschwellen in das Verfahrensprogramm integriert sind, z. B. Minimal- und Maximalwerte für die Skalierungsfaktoren, um eventuelle Meß- und Berechnungsfehler abzufangen.

Das vorliegende Verfahren erlaubt einen schnellen und präzisen Raddrehzahlabbgleich. Ein Programmzy-

klus mit Erfassung der Meßwerte, Filterung und Berechnung der Größen dauert 15 ms oder kürzer. Das Antriebs-, d. h. Hinterachstellerradmoment, wird bei Fahrzeugen mit Automatikgetrieben über das Turbinenmoment bestimmt, wozu, falls vorhanden, direkt das Motormoment erfaßt wird oder das Turbinenmoment aus Drosselklappenwinkel, Motordrehzahl und Wandlerkennfeld berechnet wird. Der Lenkwinkel wird aus der Links/Rechts-Abweichung der Vorderräder und der Fahrzeug-Referenzgeschwindigkeit ermittelt, wozu die Vorderraddrehzahlen entsprechend aufbereitet werden.

Mit dem beschriebenen Algorithmus wird eine Raddrehzahlabgleichgenauigkeit von höchstens 0,1% Abweichung aller vier durch die Drehzahlskalierungsfaktoren korrigierten Raddrehzahlen untereinander bei schlupffreiem Rollen erzielt. Das Raddrehzahlabgleichverfahren kann mit geringfügigen Modifikationen bei Fahrzeugen mit unterschiedlichen Reifenschlupfregelsystemen, wie ABS, ASR, SMR und GDB, verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abgleichen von Raddrehzahlen für ein Kraftfahrzeug, insbesondere mit einem Radschlupfregelsystem, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die Räder Drehzahlskalierungsfaktoren zum Bilden einander angeglicherter korrigierter Raddrehzahlen in folgenden Schritten bestimmt werden:

- a) grobstufige Skalierungsfaktorbestimmung mittels Durchführen eines schnellen Grobabgleichs auf ein Referenzrad, wenn fehlende oder höchstens geringe Kurvenfahrt, das Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit und eine höchstens geringe Fahrzeugbeschleunigung erkannt sind, und
- b) anschließend feinstufige Skalierungsfaktorbestimmung mittels Durchführen eines Feinabgleichs entweder jedes Rades einer Achse zum jeweils seitengleichen Rad der anderen Achse, wenn ein höchstens geringes Antriebsmoment und das Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit erkannt sind, oder jedes Rades einer Seite zum jeweils achsgleichen, gegenüberliegenden Rad, wenn ein größeres Antriebsmoment, eine höchstens mäßige Kurvenfahrt und das Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit erkannt sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Durchführung des Schrittes a) zunächst

- a.1) ein Rad als Referenzrad ausgewählt und dessen Drehzahlskalierungsfaktor auf einen fest vorgegebenen Wert gesetzt wird sowie anschließend
- a.2) gegebenenfalls wiederholt die Drehzahlen aller Räder gemessen und in Abhängigkeit vom Quotienten der gemessenen Drehzahl jedes Rades zu der des Referenzrades aus den bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren neue Drehzahlskalierungsfaktoren und daraus grob korrigierte Drehzahlen für alle Räder ermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Schritt a.1) die Drehzahlen aller Räder einmalig gemessen werden und dasjenige Rad als Referenzrad ausgewählt wird, das die ge-

rings Drehzahlabweichung vom arithmetischen Mittelwert aller gemessenen Drehzahlen aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt a.2) so oft wiederholt wird, bis sämtliche Abweichungen der neu bestimmten von den bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren einen vorgegebenen Grenzwert unterschreiten.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende der schnellen Grobeichung ein antriebsmomentabhängiger Offsetbetrag zu den neu ermittelten Drehzahlskalierungsfaktoren für die Hinterräder addiert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Schritt b) zum Feinabgleich eines Rades zu einem anderen gegebenenfalls wiederholt die Drehzahl des einen Rades gemessen und in Abhängigkeit vom Quotienten dieser im Feinabgleich gemessenen Drehzahl zu der im Grobabgleich ermittelten Drehzahl des anderen Rades aus den bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren neue Drehzahlskalierungsfaktoren und daraus fein korrigierte Drehzahlen für die beiden Räder ermittelt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der neuen Drehzahlskalierungsfaktoren die bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren inkremental in Richtung zu Skalierungsfaktorwerten hin erhöht werden, die sich aus den Quotienten der gemessenen Raddrehzahlen der beiden jeweils betrachteten Räder ergeben.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Fall des Schrittes b) die Hinterräder zu den seitengleichen Vorderrädern fein abgeglichen werden, wobei die aus dem Grobabgleich ermittelten Drehzahlskalierungsfaktoren der Vorderräder konstant gehalten und die Drehzahlskalierungsfaktoren der Hinterräder neu ermittelt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß im zweiten Fall des Schrittes b) bei dem Feinabgleich der Drehzahlen achsgleicher Räder jeweils für beide Räder neue Drehzahlskalierungsfaktoren aus den bisherigen durch jeweilige inkrementale Veränderung der beiden bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren aufeinanderzu ermittelt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erkennung des Maßes an Kurvenfahrt die Drehzahlen des linken und des rechten Rades einer Achse zeitabhängig erfaßt, die jeweilige Links/Rechts-Abweichung ermittelt und deren Zeitabhängigkeit differenziert wird, wobei auf fehlende oder höchstens geringe Kurvenfahrt geschlossen wird, wenn die differenzierte Links/Rechts-Abweichung einen vorgebbaren Grenzwert unterschreitet.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

